

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

KOVATEHOISEN KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUS SOTILAAN SUORITUSKYKYYN

Kandidaatintutkielma

Kadettikersantti
Matias Sankari

Kadettikurssi 99
Maasotalinja

Maaliskuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 99	Opintosuunta Kranaatinheitinopintosuunta
Tekijä Kadettikersantti Matias Sankari	
Opinnäytetyön nimi Kovatehoisen kestävyysharjoittelun vaikutus sotilaan suorituskyyyn	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 30 Liitesivuja 0
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Sotilaan työssä fyysinen suorituskyy on tärkeässä roolissa. Työ ja tehtävät ovat fyysisiä ja niistä selviytyäkseen sotilaan on oltava hyvässä fyysisessä kunnossa. Fyysisen suorituskyyyn ylläpitoon on monia keinoja riippuen siitä mitä fyysisen suorituskyyyn osa-aluetta halutaan kehittää. Tutkielman tarkoituksena on selvittää kovatehoisen kestävyysharjoittelun vaikutuksia sotilaan suorituskyyyn. Kovatehoista kestävyysharjoittelua tutkielmassa kuvataan kovatehoisella intervalliharjoittelulla eli HIIT-harjoittelulla.</p> <p>Tutkielma on tehty kirjallisuuskatsauksena. Tutkielman teoriaosuuden aineistona käytettiin liikuntatieteellistä kirjallisuutta sekä ulkomaisia artikkeleita. Lähdeaineisto koostui kansainvälisistä ja kotimaisista artikkeleista sekä kestävyysurheilua ja sotilaita koskevista tutkimuksista. Tutkielman tulosten analysointimenetelmänä käytettiin teoriaohjaavaa sisällönanalyysiä.</p> <p>Kovatehoisen intervalliharjoittelun teho perustuu siihen, että harjoituksen aikana kyetään olemaan mahdollisimman kauan lähellä maksimaalista hapenottokyyä. Kovatehoisessa intervalliharjoittelussa kuormitusten tehoa ja kestoja, palautumisjaksoja sekä sarjojen määrää ja kestoja muuttamalla harjoitus kyetään muokkaamaan kehitettävän ominaisuuden mukaan. Kovatehoisella intervalliharjoittelulla on vaikutusta hengitys- ja verenkiertoelimistöön, lihas-solujakaumaan ja aineenvaihduntaan sekä kehon koostumukseen. Suurimmat vaikutukset ovat maksimaalisessa hapenottokyyssä, jonka kasvua todettiin lähes kaikissa tutkimuksissa. Harjoittelulla todettiin olevan myös niin sanottuja terveysvaikutuksia, kun kehon massa pieneni rasvamassan ja viskeraalimassan pienenemisen johdosta.</p> <p>Kovatehoisella intervalliharjoittelulla kyetään parantamaan sotilaan suorituskyyä. Sotilaan suorituskyyyn parantuessa kyetään tuottamaan tehokkaampia sodan ajan joukkoja. Ohjelmoitaessa sotilaille kestävyysharjoittelua, on otettava huomioon sotilaan muu toiminta, kuten taistelukoulutus sekä erilaiset harjoitukset. Tutkimustulosten perusteella voi kovatehoisen intervalliharjoittelun sanoa sopivan sotilaille, koska sen aikaansaamat positiiviset vaikutukset käytettävää aikaa kohden ovat hyvät. Esimerkiksi yhdellä kovatehoisella intervalliharjoittelulla viikossa, kykenee sotilas kehittämään maksimaalista hapenottokyyä jo kuukauden aikana. Toisaalta näiden nopeiden vaikutusten pysyvyydestä ei ole tietoa. Kovatehoisen intervalliharjoittelun voi sanoa sopivan jokaiselle, niin huippu-urheilijoille kuin kuntoilijoille, koska harjoitusta kyetään muokkaamaan vaatimusten ja kuntotason mukaan.</p>	
<p>AVAINSANAT</p> <p>kestävyys, fyysinen suorituskyy, fyysinen harjoittelu, kestävyysharjoittelu</p>	

KOVATEHOISEN KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUS SOTILAAN SUORITUSKYKYYN

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSONGELMA JA -MENETELMÄ	3
2.1	TUTKIMUSONGELMA	3
2.2	AIHEEN RAJAUS JA NÄKÖKULMA	3
2.3	TUTKIMUSMENETELMÄ	4
3	SOTILAAN TOIMINTAKYKY.....	6
3.1	SOTILAAN TOIMINTAKYKY	6
3.2	FYYSINEN SUORITUSKYKY.....	6
3.3	VAATIMUKSET FYYSISILLE SUORITUSKYVYLLE	7
4	KESTÄVYYS JA SEN HARJOITTAMINEN	9
4.1	KESTÄVYYS	9
4.2	KESTÄVYYTEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	10
4.3	KESTÄVYYSHARJOITTELU	12
4.4	KESTÄVYYS SOTILAAN FYYSISISSÄ TOIMINTAKYVYSSÄ.....	14
5	KOVATEHOINEN INTERVALLIHARJOITTELU.....	15
5.1	HARJOITUSMUODON OMINAISPIIRTEET	15
5.2	KOVATEHOISEN INTERVALLIHARJOITTELUN FYSIOLOGISET VAIKUTUKSET	18
6	KOVATEHOISEN INTERVALLIHARJOITTELUN VAIKUTUKSET SUORITUSKYKYYN.....	21
6.1	HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖ.....	21
6.2	LIHAKSISTO	23
6.3	AINEENVAIHDUNTA JA KEHON KOOSTUMUS	24
6.4	YHTEENVETO	25
7	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	27

LÄHTEET

LIITTEET

KOVATEHOISEN KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUS SOTILAAN SUORITUSKYKYYN

1 JOHDANTO

Sotilaiden toiminnassa fyysinen suorituskyky on keskeisessä roolissa. Toiminta on raskasta ja fyysisesti vaativaa, esimerkiksi pitkiä marsseja, raskaiden varusteiden kantamista ja lyhyitä intensiivisiä syöksyjä. Tällöin oman fyysisen suorituskyvyn kehittäminen ja ylläpito on tärkeää. Fyysisen suorituskyvyn kehittämisen ja ylläpidon täytyy olla kokonaisvaltaista, jotta suorituskyvyn eri osa-alueet eli kestävyys, voima ja nopeus pysyvät tasapainossa. Tällöin sotilaan suorituskyky takaa mahdollisuuden toimia oman tehtävänsä mukaisesti.

Fyysisen suorituskyvyn osa-alueista kestävyys on yksi sotilaan tärkeimpiä ominaisuuksia. Kestävyyttä tarvitaan niin pitkillä marsseilla ja siirtymisillä, kuin lyhytkestoisissa syöksyissä ja hyökkäystilanteissa. Näissä tilanteissa tarvittava aerobinen tai anaerobinen kestävyys vaihtelee energiantuoton ja tehon muuttuessa. Siksi sotilaille on tärkeää kehittää kestävyyttään ja koko fyysistä suorituskykyään kokonaisvaltaisesti. Sotilaiden fyysisen suorituskyvyn kehittämisessä käytetään erilaisia harjoitusmuotoja, jotka osittain seuraavat yleisesti urheilussa ja liikunnassa käytettäviä harjoitusmuotoja.

Kovatehoinen kestävyysharjoittelu on korkealla teholla suoritettua kestävyysharjoittelua. Kovatehoista intervalliharjoittelua on vauhtikestävyys-, maksimikestävyys- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Kovatehoisesta kestävyysharjoittelusta voidaan puhua myös anaerobisena kestävyysnä. Kovatehoista kestävyysharjoittelua voi toteuttaa niin pitkänä tasavauhtisena harjoitteluna kuin lyhyinä tehokkaina intervaleina.

Tässä tutkielmassa kovatehoisena kestävyysharjoitteluna käytetään kovatehoista intervalliharjoittelua, eli HIIT-harjoittelua (high-intensity interval training). Kovatehoinen intervalliharjoittelu on tällä hetkellä maailmalla paljon käytetty harjoitusmuoto, jonka toimivuudesta ja kannattavuudesta käydään keskustelua. Sen puolesta ja sitä vastaan on monia perusteluja, miksi se olisi parempi harjoitusmuoto normaaliin tasavauhtiseen harjoitteluun verrattuna. Täs-

sä tutkielmassa perehdytään useisiin ulkomaalaisiin ja kotimaisiin tutkimuksiin kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksista fyysiseen suorituskyykyyn ja niiden perusteella pohditaan harjoitusmuodon toimivuutta sotilaan fyysisen suorituskyyvyn kehittämiseksi. Toisaalta vaikutukset suorituskyykyyn ovat samat kaikilla ihmisillä, siksi tutkielmassa pyritään pureutumaan sotilaille tärkeiden ominaisuuksien muutoksiin.

Kovatehoisen intervalliharjoittelun suurimmat vaikutukset kohdistuvat kestävyyyteen, jolloin fyysinen suorituskyyky ei kehity kokonaisvaltaisesti, mikä olisi tärkeää sotilaalle. Intervalliharjoittelun ohessa on kyettävä harjoittamaan kaikkia fyysisen suorituskyyvyn ominaisuuksia. Kuitenkin tässä tutkielmassa tutkitaan vain kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutusta fyysiseen suorituskyykyyn, eikä siihen ole yhdistettynä muuta harjoittelua, esimerkiksi voimaa tai ketteryyttä. Osassa tutkimuksia, joita käytetään lähteinä, harjoittelu on koostunut muustakin harjoittelusta kuin kovatehoisesta intervalliharjoittelusta. Näissä tapauksissa vaikutuksissa tulee huomioitua myös muuta harjoittelua, kuten voimaharjoittelua ja tasavauhtista kestävyysarjoittelua.

Tämän tutkielman tarkoitus on selvittää kovatehoisen intervalliharjoittelun aikaansaamia vaikutuksia sotilaan fyysisessä suorituskyyvyssä ja näin ollen myös sotilaan kokonaisvaltaisessa suorituskyyvyssä.

2 TUTKIMUSONGELMA JA -MENETELMÄ

2.1 Tutkimusongelma

Tämän tutkielman tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä on kestävyys ja miten sitä harjoitetaan?
2. Mitä ovat kovatehoisen intervalliharjoittelun erityispiirteet?
3. Mikä on sotilaan suorituskyky ja mitkä ovat sen vaatimukset?
4. Miten kovatehoinen intervalliharjoittelu vaikuttaa sotilaan suorituskykyyn?

Kolme ensimmäistä kysymystä ovat alakysymyksiä. Niiden avulla luodaan perusta ja edellytykset vastata tutkielman neljänteen, eli pääkysymykseen.

2.2 Aiheen rajausta ja näkökulma

Tässä tutkimuksessa kovatehoinen kestävyys- ja intervalliharjoittelu on rajattu kovatehoiseen intervalliharjoitteluun. Tutkimuksessa kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia tutkitaan fyysisen toimintakyvyn osa-alueista vain kestävyys- ja intervalliharjoittelun. Muiden osa-alueiden osalta vaikutuksia ei tarkastella, mutta niitä sivutaan joihinkin tutkimustuloksiin liittyen. Kestävyys- ja intervalliharjoittelun eri osa-alueita ja jaottelua, kuten aerobista ja anaerobista kestävyys- ja intervalliharjoittelua. Lisäksi tutkimuksessa sivutaan perus-, vauhti-, maksimi- ja nopeuskestävyys- ja intervalliharjoittelun vaikutusten tarkastelu rajataan hengitys- ja verenkiertoelimistöön, hermo-lihasjärjestelmään, aineenvaihduntaan sekä kehon koostumukseen. Näiden lisäksi tutkielmassa tarkastellaan yleisellä tasolla kovatehoisen intervalliharjoittelun fysiologisia vaikutuksia.

Tutkimus tehdään sotilaan näkökulmasta. Sotilaita tarkastellaan yleisellä tasolla, eikä minkään tietyn aselajin tai joukon näkökulmasta. Myöskään varusmiehiä tai ammattisotilaita ei tässä tutkielmassa erotella. Tutkimuksessa käytettäväksi aineistoksi yritettiin löytää tutkimuksia, jotka koskevat sotilaita. Sotilaille kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia ei vielä ole kovin paljoa tutkittu, joten suurin osa tutkimuksista käsittelee kuitenkin kuntoilijoille tehtyjä harjoitusjaksoja ja testejä. Tutkimuksissa on muistettava, että vähän liikkuville tehdyt tutkimukset eivät suoranaisesti sovellu sotilaille, joten niihin on osittain suhtauduttava kriittisesti. Lähes kaikki aineistona käytettävät tutkimukset ovat ulkomaalaisia ja siviileille tehtyjä, joten

tässä tutkimuksessa kohdejoukkona olevat sotilaat eivät välttämättä ole lähtökodiltaan samassa asemassa.

2.3 Tutkimusmenetelmä

Aineistona käytetään aikaisempia tutkimuksia ja kirjallisuutta. Niitä pyritään tarkastelemaan eri näkökulmista, painopisteenä tarkastelu sotilaan näkökulmasta. Tarkastelun tavoitteena on löytää selkeitä tuloksia eri kestävyys- ja vaikuttavien tekijöiden muutoksista. Tutkimuksen tiedonkeruu- ja analysointimenetelmää käytetään laajalti laadullisissa tutkimuksissa, joten tutkielmaa voidaan pitää laadullisena tutkimuksena. Yksiselitteistä määritelmää laadullisesta tutkimuksesta on vaikea antaa, koska eri tieteenaloilla on omat laadullisen tutkimuksen erityispiirteensä. Yhteisiä piirteitä laadullisissa tutkimuksissa ovat esimerkiksi kokonaisvaltainen tiedon hankinta ja todellisista tilanteista hankittu aineisto sekä ihmisten suosiminen tiedon keruun välineillä. (Hirsjärvi ym. 1998, 160–165.)

Tutkielman tiedonkeruutapa on kirjallisuuskatsaus. Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, koska aihe on teoreettinen. Yhtenä tärkeänä osana on perehtyminen tutkielman aiheen käsitteisiin, jotta ymmärrys aineistoon olisi riittävän hyvä. Kirjallisuuskatsauksessa keskitytään tutkimusongelmien kannalta olennaisimpaan kirjallisuuteen, artikkeleihin ja aiheesta tehtyihin tutkimuksiin. Kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään löytämään olennaisimmat tutkimustulokset sekä tärkeimmät ja tuoreimmat aihepiirin tutkimukset. Aineiston tulkinnassa on oltava mahdollisimman objektiivinen käytettävän tiedon suhteen. (Hirsjärvi ym. 1998, 114–116.)

Tutkielman analyysimenetelmänä käytetään teoriaohjaavaa sisällönanalyysia. Sisällönanalyysille tyypillistä on se, että kerättyä aineistoa pyritään analysoimaan systemaattisesti. Aineiston tarkastelulla pyritään löytämään tutkittavasta aiheesta olennaisin osa, joilla luodaan pohja pohdinnalle ja johtopäätöksille. Sisällönanalyysillä pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus yleisessä ja tiivistetyssä muodossa. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 103–104.) Teoriaohjaavassa analyysissä analyysiyksiköt valitaan aineistosta. Tässä tutkimuksessa analyysiyksiköt ovat kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutukset. Analyysiyksiköiden valinnan jälkeen aikaisempi tieto ohjaa ja auttaa analyysia. Analyysille on ominaista, että siitä on helppo tunnistaa aikaisemman tiedon vaikutus. Aikaisempi tieto avaa uusia näkökulmia ja ajatuksia aiheen suhteen. Teoriaohjaavassa analyysissä tutkijan ajatteluprosessissa vaihtelee aineistolähteisyys ja valmiit mallit. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 96–97.)

Tämän tutkielman viitekehyksessä kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia sotilaan suorituskyyyn tutkitaan suorituskyyyn antamien vaatimusten perusteella. Vaatimusten mukaan kestävyysharjoittelusta on valittu kovatehoinen intervalliharjoittelu ja sen harjoitusvaikutuksia peilataan suorituskyyvaatimuksiin ja siihen, edistääkö harjoitusvaikutus sotilaan suorituskyyä. Harjoittelun vaikutuksia pyritään löytämään tutkimuksista ja tutkimuksia tarkastellaan sotilaan näkökulmasta.

3 SOTILAAN TOIMINTAKYKY

3.1 Sotilaan toimintakyky

Sotilaan toimintakyky on kokonaisuus, joka koostuu fyysisestä, psyykkisestä, eettisestä ja sosiaalisesta toimintakyvystä. Toimintakyvyllä kuvataan sekä yksilön että joukon kokonaisvaltaista valmiutta selviytyä tehtävistä ja olosuhteista. Sotilaan suorituskyky on toimintakyvyn alakäsite, jolla tarkoitetaan sodan ajan tehtävän edellyttämiä taitoja ja kuntoa. Perustan sotilaan suorituskyvylle luo toimintakyky sekä laadukas ja monipuolinen koulutus. (Kyröläinen 1998, 25–26.)

Hyvän toimintakyvyn voi määritellä koostuvan yksilön ominaisuuksista, joilla suoriudutaan kuormittumatta ja kohtuuttomasti väsymättä toiminnan fyysisistä, psyykkisistä ja sosiaalisista vaatimuksista (Matikainen ym. 1995, 232). Sotilaan toimintakykyyn vaikuttaa taisteluolosuhteissa useita eri tekijöitä, joihin osaan voidaan vaikuttaa, osaan ei. Taistelukentän olosuhteiden ja sotilaan tehtävän mukanaan tuomia toimintakykyä laskevia tekijöitä kyetään minimoimaan. Hyvä toimintakyky koostuu yksilön ominaisuuksista, joilla suoriudutaan yli- ja alikuormittumatta ja kohtuuttomasti väsymättä toiminnan fyysisistä, psyykkisistä ja sosiaalisista vaatimuksista. Fyysiset vaatimukset kohdistuvat hengitys- ja verenkiertoelimistöön, liikuntaelimistön kuntoon sekä kehon hallintaan. Psyykkiset vaatimukset edellyttävät muun muassa älyllisiä voimavaroja, paineensietokykyä sekä keskittymis- ja uusien asioiden oppimiskykyä. Sosiaalisissa vaatimuksissa korostuvat ihmissuhdetaidot. (Alavillamo 1999, 14–16.)

3.2 Fyysinen suorituskyky

Terveydellä on suuri vaikutus yksilön fyysiseen suorituskykyyn. Terveiden tyypillinen ominaisuus on kestää elimistön sisäisiä ja ulkoisia kuormituksia. Liikunnan ja urheilun avulla voidaan parantaa fyysistä suorituskykyä, joka vaikuttaa suoraan toimintakykyyn. (Vuori 2005, 17–21.) Fyysinen suorituskyky on kykyä tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä (Koski ym. 2005).

Fyysinen suorituskyky tai toimintakyky tarkoittaa ihmisen fyysisistä kykyä minkä tahansa toiminnan suorittamiseksi. Tällöin fyysinen suorituskyky sekä kunto nähdään synonyymeina. Fyysinen kunto koostuu fyysisen suorituskyvyn eri osa-alueista, kuten kestävyys, voima ja nopeus. (Kyröläinen 1998, 27.) Puolustusvoimien näkemyksen mukaan fyysinen suorituskyky

koostuu kunnosta, motorisista perustaidoista sekä suoritusmotivaatiosta. Kunnolla taas tarkoitetaan elimistön fysiologisten toimintojen tilaa tarkasteluhetkellä. (Pääesikunnan koulutusosaston pysyväisasiakirja A 4:3.1: Palkatun henkilöstön fyysinen suorituskyky ja työkyky 1999.)

Fyysistä suorituskykyä rajoittavia tekijöitä suorituksen aikana ovat esimerkiksi hapen saannin riittämättömyys ja hermolihaskäytännön heikkoudet. Hapen saannin riittämättömyys aiheuttaa kudosten happipitoisuuden laskua. Tämän seurauksena adenosiniinifosfaatin (ATP) tuotanto heikkenee mitokondrioissa ja anaerobinen glykolyysi käynnistyy, jolloin lihakset happamoituvat ja henkilön suorituskyky heikkenee väsymyksen myötä. (Kyröläinen 1998, 34.)

Hermolihasjärjestelmän osalta fyysistä suorituskykyä voivat rajoittaa heikko lihasvoima, hidas reaktiokyky, heikentynyt lihasten supistumisnopeus ja lihasten välisen koordinaation heikkeneminen. Nämä kaikki ilmiöt korostuvat väsymyksen myötä. Kuormituksen mukaan väsymyksen syyt voivat vaihdella, mutta seurauksena on aina lihaksen voimantuoton heikkeneminen. (Kyröläinen 1998, 34–35.) Fyysisen suorituskyvyn parantamisen lähtökohtana tulee olla tehtävän asettamat vaatimukset, joita ovat kesto, teho, fyysinen ja psyykinen kuormittaminen sekä ulkoiset olosuhteet. (Kyröläinen 1998, 29.)

3.3 Vaatimukset fyysiselle suorituskyvylle

Taistelukenttä sekä taistelijan varusteet asettavat vaatimuksia taistelijan fyysiselle suorituskyvylle. Taistelukentän vaatimukset korostavat taistelijan ja taistelunjohtajan fyysisen suorituskyvyn merkitystä. (Kyröläinen & Santtila 2006, 227.) Sotilailta edellytetään hyvää fyysistä suorituskykyä, kuten riittävää kestävyyskuntoa ja hermolihaskäytännön suorituskykyä sekä tasapaino- ja koordinaatiokykyä, jotta he selviytyisivät sekä pitkäkestoisista, matalatehoisista että hyvin rasittavia kuormitushuippuja sisältävistä ponnistuksista (Lindholm ym. 2008).

Taistelijalta edellytetään hyvää hapenottoa. Tutkimuksien mukaan taistelijan hapenottoa tulisi olla 50–55 millilitraa painokiloa kohti minuutissa (ml/kg/min). Puolustusvoimissa fyysisen koulutuksen vaatimuksen mukaan sotilaan on kyettävä täyttämään oman puolustushaaran, aselajinsa ja koulutushaaran mukaiset taistelutehtävät vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukokemuksessa. Lisäksi sotilaan on kyettävä käyttämään kaikki voimavaransa 3–4 vuorokautta kestävässä vaativassa ratkaisutaistelussa. Näihin vaatimuksiin vai-

kuttavat myös muut toimintakyvyn osa-alueet, ei pelkästään fyysinen toimintakyky. (Kyröläinen & Santtila 2006, 227.)

Sotilastehtävät ja vaativat työolosuhteet altistavat sotilaan useille stressitekijöille, kuten energia- ja nestevajeelle, univajeelle, jatkuvalle fyysiselle aktiivisuudelle sekä henkiseen kuormittumiseen (Nindl ym. 2002). Lisäksi sotilaan työ sisältää useita kuormittavia tehtäviä, joihin liittyy esimerkiksi raskaiden laitteiden tai materiaalin nostamista, poteroiden kaivamista sekä vaativia jalkamarsseja lisäkuorman kanssa (Vaara ym. 2008). Kaikkien puolustushaarojen ja aselajien sotilaiden maksimaalisen hapenottokyvyn minimisuoritusvaatimus on 42 ml/kg/min (12-minuutin testissä n. 2600m). Erikoisjoukkoihin sijoitettavien sotilaiden hapenottokyvyn vähimmäisvaatimus on yli 50 ml/kg/min (yli 2800m 12-minuutin testissä). Lihaskunnon on vastaavasti oltava sellainen, että toimintakyky säilyy myös vähintään 25 kilogramman lisäkuorman kanssa. (Vaara ym. 2008.)

4.1 Kestävyys

Kestävyys voidaan määritellä monella tavalla. Jones ja Carter (2000) määrittelevät kestävyyskykynä ylläpitää tiettyä nopeutta tai tehoa mahdollisimman pitkän ajan. Kestävyys määritellään myös kykynä vastustaa väsymystä, mikä riippuu työtä tekevien lihasten energian saannista (Kyröläinen 1998, 27). Weineckin (1982) mukaan kestävyydellä tarkoitetaan yleisesti myös ihmisen psykofyysistä kykyä vastustaa väsymystä, joko koko elimistön tai sen yksittäisten osien.

Kestävyyden merkitys on suurimmillaan silloin, kun suorituksen yhtäjaksoinen kesto ylittää kaksi minuuttia, vaikka kestävyysluonne muuttuukin suorituksen keston kasvaessa useaan tuntiin (Nummela 1997, 195). Suorituskykyyn kestävyysasuorituksissa vaikuttavat maksimaalinen hapenotto- ja voimakkuus (VO₂max), pitkäaikainen aerobinen kestävyys, suorituksen taloudellisuus sekä hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyisyys. Lyhytkestoisissa alle viiden minuutin suorituksissa myös anaerobisella energiantuotolla on vaikutus suorituskykyyn. (Nummela 2004, 51.) Toisin sanoen pitkäaikainen kestävyys määräytyy fysiologisista kuntotekijöistä, energiaravinteiden riittävyydestä ja väsymisestä. Hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto- ja maksimaalinen hapenotto- ja voimakkuus antavat kestävyysasuoritukselle raamit. Edellä mainittujen kestävyysluonne selittävien ominaisuuksien painoarvo muuttuu suorituksen mukaan, eli vaadittava kestävyysasuorituskyky on lajispesifinen. (Nummela ym. 2004, 333.) Vaikka kestävyysasuorituskyky onkin lajispesifinen, perustuu se kuitenkin yleiseen eli peruskestävyyteen, lajikohtaisen kestävyysluonnon ohella (Weineck 1982, 62).

Kestävyys voidaan jakaa lihasten energianmuodostustavan mukaan aerobiseen ja anaerobiseen kestävyysluonteeseen. Aerobisessa lihastyössä teho pysyy alhaalla, jolloin työn vaatima energia saadaan hiilihydraatteja ja rasvoja hapettamalla. Anaerobisella kestävyydellä tarkoitetaan kykyä sietää suuria maitohappopitoisuuksia ja suurta happamuutta. (Kyröläinen 1998, 27.) Anaerobisessa kestävyysluonteessa energiana käytetään välittömiä energialähteitä, adenosiniinifosfaattia (ATP) ja fosfokreatiinia (KP) (McArdle ym. 2007, 231). Aerobista lihastyötä käytetään pitkäkestoisissa suorituksissa, kun taas pelkästään anaerobista lihastyötä käytetään vain lyhyissä, maksimissaan kolme minuuttia kestävässä suorituksissa.

Kestävyys voidaan jakaa myös tehon mukaan perus-, vauhti-, maksimi- ja nopeuskestävyyteen. Tehon mukaisille harjoitusalueille on olemassa myös muita nimiä, mutta tässä tutkimuksessa käytetään edellä mainittua jakoa. Peruskestävyys luo hyvän perustan kestävyiden kehittämiselle. Mitä parempi peruskestävyys on, sitä enemmän harjoittelua voidaan siirtää tehoharjoitteluun. Peruskestävyysharjoittelu on tärkeää aloitteleville urheilijoille ja kuntoilijoille. Peruskestävyys perustuu aerobiseen energiantuottoon, jolloin rasvojen käyttö energian tuotossa on tehokasta. Vauhtikestävyys kertoo suorituksen taloudellisuudesta aerobisen ja anaerobisen kynnyksen välissä olevilla nopeuksilla. Energiantuotto on aerobista kuten peruskestävyydessäkin, mutta energian lähteet ovat suurimmaksi osaksi hiilihydraatteja. Maksimikestävyys kuvaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kapasiteettia ja maksimaalista hapenottokykyä. Maksimikestävyysharjoitukset vaikuttavat sekä aerobisiin että anaerobisiin ominaisuuksiin. (Nummela ym. 2004, 335–340.) Nopeuskestävyys on suurimmillaan suorituksissa joiden kesto on 10–90 sekuntia. Nopeuskestävyys perustuu energiantuotollisesti pääsääntöisesti anaerobiseen aineenvaihduntaan. Lisäksi nopeuskestävyys on niin sanotusti lajisidonnainen, eli esimerkiksi uimarille ei välttämättä ole hyötyä juosten tehdystä nopeuskestävyysharjoittelusta. (Nummela 1997, 173.)

Eri kestävyysominaisuuksien kehittymistä seurataan testeillä. Kestävyys on yleisimmin mitattu fyysisen suorituskyvyn perusominaisuus. Yleisin tapa määrittää kestävyysominaisuuksia on maksimaalisen hapenottokyvyn mittaaminen suoralla tai arvioiminen epäsuoralla menetelmällä. Testejä voidaan suorittaa joko laboratorioissa tai kenttäolosuhteissa. Useissa tilanteissa kenttätestit ovat käytännöllisempiä. Yksi käytetyimmistä kenttätesteistä on 12-minuutin juokсутesti (Cooper 1968, Keskinen 2005, 110–113), jota käytetään myös Puolustusvoimissa kestävyyskunnan mittaamisessa.

4.2 Kestävyyteen vaikuttavia tekijöitä

Kestävyyden yhtenä tärkeänä osatekijänä on maksimaalinen hapenotto, kuten Rusko (1989) toteaa. Se määräytyy pääasiassa sydämen ja verenkiertoelimistön suorituskyvystä (Rusko 1989, 151). Maksimaalinen hapenottokyky tarkoittaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa happea sekä toimivien lihasten kykyä käyttää sitä energiantuotantoon maksimaalisessa rasituksessa. Hapenottokyky voidaan ilmaista absoluuttisena arvona eli litroina minuutissa (l/min), jolloin se kertoo, montako litraa happea elimistö pystyy käyttämään yhdessä minuutissa. Kuitenkin yleisemmin käytetään suhteellista hapenottokyvyn arvoa, jolloin se ilmoitetaan kehon painokiloa kohden (ml/kg/min). Toisaalta kehon painoon suhteutettu maksimaali-

nen hapenottokyky ei ole vertailukelpoinen erityisesti kevyimpien ja painavimpien ihmisten kohdalla. Tämän takia on otettu käyttöön myös kehon painon potenssiin $2/3$ tai $3/4$ suhteutettu arvo ($\text{ml/kg}^{2/3}/\text{min}$ ja $\text{ml/kg}^{3/4}/\text{min}$), joista kehon paino potenssiin $2/3$ on yleisempi. Absoluuttinen arvo on merkittävä lajeissa, joissa jokin väline kannattaa kehon painoa, kuten pyöräily ja soutu. Painoon suhteutettua arvoa käytetään esimerkiksi juoksussa, jossa kehon painoa liikutetaan ilman välineitä. (Nummela 2004, 52–53.)

Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat kaksi tekijää: hengitys- ja verenkiertoelimistön ja lihassolujen kyky kuljettaa happea sekä lihasten kyky käyttää happea energiantuotantoon (Nummela 2004, 52). Kestävyyttä selittävät siis energia-aineenvaihdunnalliset tekijät, jotka ovat hyvin riippuvaisia henkilön hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyvystä (Kyröläinen 1998, 27).

Kestävyyssuorituskykyyn vaikuttaa myös suorituksen taloudellisuus. Suorituksen taloudellisuudella tarkoitetaan tehdyn työn ja kulutetun energian välistä suhdetta. Taloudellisuudella viitataan myös hapen kulutukseen tiettyä vakiotehoa kohti. Suorituksen taloudellisuuteen vaikuttaa useita tekijöitä, muun muassa ikä, syke, maksimaalinen hapenottokyky, ventilaatio eli keuhkotuuletus sekä henkilön mielentila ja vireys. Kuitenkin kahdella tekijällä on suurin merkitys taloudellisuuteen: keuhkotuuletus ja sydämen sykintätaajuus. (Nummela 2004, 55–56.) Taloudellisuuteen vaikuttaa myös voimaharjoittelulla kehitettävä lajinomainen voimanopeusreservi (Nummela 1997, 195).

Kolmas kestävyysuorituskykyyn vaikuttava tekijä on hermolihasarjestelmä ja sen voimantuottokyky. Hermolihasarjestelmä koostuu hermostosta, lihaksistosta, jänteistä, sidekudoksista ja luista. Hermolihasarjestelmä on keskeinen voimantuoton ja liikkumisen koneisto ja näin ollen muodostaa raamit kestävyydelle. Lihaksen toimintaa ohjaavat motoriset yksiköt, jotka koostuvat motoneuronista ja sen hermottamista lihassoluista. Motoriset yksiköt voidaan luokitella kolmeen eri ryhmään: hidas (I), nopea väsymystä sietävä (IIA) ja nopea väsyvä (IIB). Kestävyyssuorituksessa käytössä ovat pääsääntöisesti hitaat motoriset yksiköt, jotka sietävät paremmin väsymistä. Harjoittelun myötä nopeat lihassolut voivat muuttua hitaiksi ja hitaat nopeiksi. Voiman lisääminen tapahtuu rekrytoimalla uusia motorisia yksiköitä. Hermolihasarjestelmän toiminta ja vaikutus kestävyysuorituskykyyn perustuukin juuri tähän kykyyn rekrytoida motorisia yksiköitä. (Mero 1997, 50–58.)

4.3 Kestävyysharjoittelu

Kestävyysharjoittelulla pyritään vaikuttamaan sydän- ja verenkiertoelimistöön sekä hermolihasjärjestelmään. Näihin kohdistuneilla vaikutuksilla lisätään hapenkuljetusta ilmakehästä mitokondrioihin, jolloin lihasten aineenvaihduntaa kyetään säätämään tiukemmin. Näiden vaikutusten avulla urheilija kykenee ylläpitämään tietyn absoluuttisen tehon tai nopeuden pidemmän ajan. (Jones & Carter 2000.)

Kestävyysharjoitteluun kuten kaikkeen muuhunkin harjoitteluun liittyy harjoittelun neljä periaatetta: ylikuormitus, lajinomaisuus, henkilökohtaiset erot ja palautuminen (McArdle ym. 2007, 470–474). Myös Rusko (1989) toteaa harjoittelun periaatteista ylikuormituksen ja spesifisyyden. Onnistunut kestävyysharjoittelu sisältää harjoituksen tehon, keston ja rytmityksen vaihtelua. Näin saadaan aikaan paras suorituskyky ja minimoidaan harjoittelun negatiiviset vaikutukset. (Seiler 2010.)

Kestävyysharjoittelu perustuu elimistön sopeutumiskykyyn. Ylikuormituksella tarkoitetaan sitä, että kehon homeostaasia eli tasapainotilaa on järkytettävä, jolloin elimistön on kyettävä sopeutumaan uuteen tilanteeseen. Kestävyysharjoittelussa tämä tapahtuu kahdella tavalla, joko harjoitusteholla tai harjoituksen kestolla. (Rusko 1989, 156.) Lisäksi ylikuormittavuutta voi lisätä tiheämmällä harjoitusrytmillä (McArdle ym. 2007, 470). Harjoituksen määrällä ylikuormittaminen aiheuttaa lähinnä rakenteellisia muutoksia, jotka syntyvät hitaasti, useiden kausien ja vuosien työn tuloksena. Teholla ylikuormittaminen aiheuttaa toiminnallisia harjoitusvaikutuksia, jotka näkyvät nopeina ja lyhytkestoisina muutoksina. Tehoharjoittelulla suorituskyky nostetaan muutamassa viikossa maksimitasolle. (Kantola 1989, 129.)

Kestävyysharjoittelun täytyy olla lajinomaista, eli harjoittelu täytyy kohdistaa tiettyyn kestävyteen vaikuttavaan fysiologiseen tekijään sen mukaan, minkälaista kestävyyttä haluaa lisätä. (Jones & Carter 2000.) Myös Weineck (1982) on todennut, että harjoittelua tulee painottaa oman lajin vaatimusten mukaan. Jones ja Carter (2000) ottavat esimerkiksi spesifisyydestä sen, että 3 000 metrin juoksijan kannattaa kehittää anaerobista kapasiteettia ja maksimaalisen hapenottokyvyn nopeutta ($V\text{-VO}_2\text{max}$), kun taas maratoonarin kannattaa keskittyä juoksun taloudellisuuden ja laktaattikynnyksen (LT) kehittämiseen. Kestävyysharjoittelussa spesifisyys käsittää useita asioita: oikeat lihakset ja lihassolut, oikeat energiantuottomekanismit, oikea keskeisverenkierron ja lihaskudoksen harjoittamisen suhde, oikeat liikenopeudet ja voiman-

tuotot. Lisäksi käytettävän lihasmassan suuruus ratkaisee sen, kohdistuuko harjoitus maksimaaliseen hapenottoon vai lihaskudokseen. (Rusko 1989, 156.)

Jokaista urheilijaa tulee kehittää yksilönä, urheilijan yksilöllisten edellytysten ja tarpeiden mukaan (Kantola 1989, 131–132). Jokainen ihminen on yksilö, minkä vuoksi ihmisten kestävyysominaisuudet kehittyvät eri tavalla. Tämä vaatii harjoittelun suunnittelua yksilön tarpeiden ja kehittämisalueiden mukaan. Harjoitusvaikutuksissa on yksilöllisiä eroja. Esimerkiksi joukkuelajeissa valmentaja ei voi olettaa, että kaikki joukkueen jäsenet kehittyvät täsmälleen samalla tavalla tietyn harjoituksen jälkeen. On todettu myös, että huonommassa fyysisessä kunnossa olevat ihmiset kehittyvät nopeammin kuin jo valmiiksi hyvässä kunnossa olevat. (McArdle ym. 2007, 472.)

Neljäs harjoittelun periaate on palautuminen. Palautuminen kulkee käsi kädessä kuormituksen kanssa. Fyysinen harjoitusvaikutus syntyy kuormituksen ja sen jälkeisen levon yhteisvaikutuksesta. Kuormituksessa energiavarastot vähenevät, ja kuormituksen jälkeisen palautumisen aikana energiavarastot korvautuvat ja fyysinen suorituskky paranee. (Kantola 1989, 127.) Palautuminen on tärkeää myös huippu-urheilijoille. Tämän takia kaikki urheilijat pitävät niin sanotun ylimenokauden kauden päätteeksi, jolloin keho saa levätä ennen seuraavan harjoituskauden alkua. Ylimenokauden aikana harjoittelua ei unohdeta täysin, vaan harjoittelu on pääsääntöisesti ylläpitävää harjoittelua. Toisaalta liiallinenkaan lepo ylimenokaudella ei ole hyväksi. Eräällä koehenkilöryhmällä maksimaalinen hapenottokky laski 25 prosenttia, kun he olivat liikkumatta 20 päivää. (McArdle ym. 2007, 475–476.)

Neljän harjoittelun periaatteen ohella tärkeää on harjoittelun rytmitys eli se, kuinka usein ja millä teholla harjoitellaan (Rusko 1989, 156). Harjoittelu aiheuttaa väsymystä ja energiavarastojen tyhjenemistä. Rytmittämällä pyritään yhdistämään kuormittaminen ja palautuminen niin, että energiavarastot ovat tärkeimmissä harjoituksissa täynnä ja saavutetaan haluttu harjoitusvaikutus. Rytmittämällä pyritään myös estämään ylikuormittuminen, kun harjoittelun ohella on riittävästi lepoa. (Kantola 1989, 130.) Harjoittelun rytmityksellä pyritään ajoittamaan optimaalinen kunto oikeaan aikaan, kuitenkin noudattamalla jatkuvan kuormituksen periaatetta. Rytmityksen helpottamiseksi voidaan vuosi jakaa eri harjoituskausiin, kuten valmistautumis-, kilpailu- ja siirtymäkauteen. (Weineck 1982, 19.)

4.4 Kestävyys sotilaan fyysisessä toimintakyvyssä

Sotilas tarvitsee tehtävissään ja toiminnassaan eri kestävyiden osa-alueita. Taisteluolosuhteissa tarvittavia ominaisuuksia ovat: pitkäaikainen kestävyys, kestovoima, lyhytaikainen kestävyys, irtiottokyky, nopeus ja nopeusvoima (Alavillamo 1999, 40). Tästä voi todeta kestävyiden ja sen harjoittamisen tärkeyden sotilaille. Aerobista kestävyyttä tarvitaan esimerkiksi jalkamarsseilla, partio- ja vartiotehtävissä sekä linnoittamisessa. Anaerobista kestävyyttä taas tarvitaan esimerkiksi pikamarsseilla, syöksyissä ja lähitaistelussa. Hyväkuntoinen sotilas pysyy keskiraskailla kuormilla jatkamaan taistelua pidempään, koska veren maitohappopitoisuus pysyy alhaalla tai maitohapon sietokyky on parempi. (Alavillamo 1999, 37–38.) Anaerobinen kestävyys onkin keskeinen tekijä taistelussa jaksamiseen, varsinkin hyökkäystaistelussa.

Kraemer ja Szivak (2012) toteavat tutkimuksessaan, että nykyaikaista taistelukenttää voidaan pitää anaerobisena. Tällä tarkoitetaan taistelukentällä tapahtuvien suoritusten vaatimaa energiantuottoa ilman happea. Tämän takia sotilaan on otettava omassa suorituskyvyn ylläpidossaan huomioon anaerobinen kestävyys ja sen kehittäminen.

Olosuhteiden vaikutusta kyetään vähentämään hyvällä kestävyys suorituskyvyllä. Ääriolosuhteissa, kylmässä tai kuumassa, toimimisen on todettu olevan helpompaa paremmassa fyysisessä kunnossa oleville sotilaille. Erityisesti kuumissa olosuhteissa toimimisessa on selvä ero hyväkuntoisten ja huonokuntoisten sotilaiden välillä. (Lindholm ym. 2012.) Lisäksi sotilaiden taisteluvarustuksen paino on kasvanut jopa 14 kg:aa, kun on siirrytty taisteluvarustukseen m/05 (Kokko 2008, 7). Merkittävä taakan paino lisää kuormituksen rasitusta ja vaatii parempaa kestävyys suorituskykyä.

Sotilaille annettuihin fyysisen suorituskyvyn vaatimuksiin kuuluvat maksimaalisen hapenotto-
kyvyn sekä 12 minuutin juoksupuhteen rajat. Nämä ovat suurilta osin kestävyys suorituskyvystä riippuvia tuloksia. Erikoisjoukoilla maksimaalisen hapenotto-
kyvyn on oltava yli 55 ml/kg/min ja 12 minuutin juoksupuhteen tuloksen yli 3000 metriä, liikkuvassa taistelussa 50–55 ml/kg/min, joka tarkoittaa yli 2800 metriä juoksupuhtetissa, ja esikuntatehtävissä 45–50 ml/kg/min, joka on yli 2600 metriä juoksupuhtetissa. Kuitenkin näihin tuloksiin vaikuttaa osittain myös muu harjoittelu ja toiminta. Suhteelliseen maksimaaliseen hapenotto-
kykyyn vaikuttaa sotilaan paino, joten esimerkiksi paljon voimaharjoittelua tekevällä sotilaalla voi maksimaalinen hapenotto-
kyky olla pienempi.

5 KOVATEHOINEN INTERVALLIHARJOITTELU

Intervalliharjoittelun teho perustuu siihen, että elimistön tasapainotilaa järkytetään harjoituksen teholla. Intervalliharjoituksessa hapenkulutus nousee toistuvasti korkealle tasolle, jolloin saadaan aikaan riittävä suoritusteho. Intervalliharjoituksessa myös anaerobinen energiantuotto korostuu suorituksen alussa syntyvän happivajeen takia. Tällöin harjoituksen aikainen hapenkulutus on korkea, ja lihaksissa muodostuu maitohappoa ja hengitys kiihtyy voimakkaasti. Juoksuharjoituksessa työtä tekevien lihasten suuresta massasta johtuen harjoituksen vaikutus kohdistuu erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistöön ja maksimaalinen hapenottokyky kehittyy. (Nummela ym. 2004, 335.)

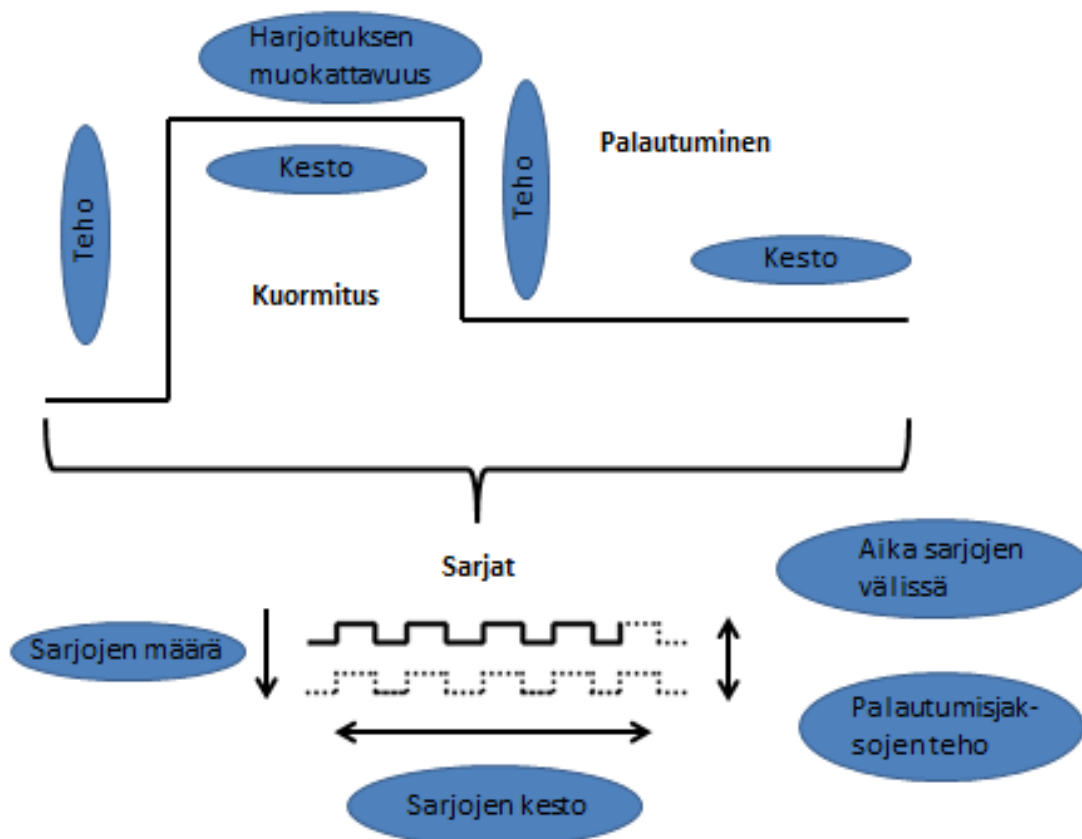
5.1 Harjoitusmuodon ominaispiirteet

Kovatehoinen intervalliharjoittelu (HIIT) on eri muodoissaan nykypäivänä yksi tehokkaimista keinoista kehittää hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä aineenvaihduntaa, ja näin ollen myös fyysistä suorituskkyä. Kovatehoista intervalliharjoittelua pystyy suorittamaan useilla eri tavoilla, kuten juosten, pyöräillen, uiden ja hiihtäen.

Kovatehoinen intervalliharjoittelu koostuu kovalla teholla suoritetuista lyhyistä kuormituksista, joiden välillä on palautumisjakso. Harjoituksen teho on yli 90 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä tai maksimisykkeestä. (Feito 2014; Gibala & McGee 2008.) Kuormitusten pituus voi vaihdella alle 45 sekunnin lyhyistä kuormituksista 2–4 minuuttia kestäviin pitkiin suorituksiin ja ne on tarkoitus tehdä korkealla teholla, mutta ei kuitenkaan maksimaalisilla tehoilla. (Buchheit & Laursen 2013.) Palautumisjaksojen pituudet voivat vaihdella lyhyistä 10 sekunnin palautuksista pitempiin 4–5 minuuttia kestäviin palautuksiin (Hoffmann ym. 2014). Palautusjaksot voivat olla joko passiivisia eli täyttä lepoa tai aktiivisia kevyitä jaksoja (Guiraud ym. 2012).

Kovatehoiseen intervalliharjoitteluun kuuluvat myös alle 10 sekuntia kestävät (RST, repeated-sprint training) tai alle 20–30 sekuntia kestävät (SIT, sprint interval training) maksimaaliset kuormitukset, joiden välissä on palautusjaksoja. Näillä erilaisilla kuormitusten ja palautusten kombinaatioilla saadaan aikaan 5–40 minuuttia kestäviä harjoituksia. (Buchheit & Laursen 2013.) Kuormitusten määrä, kesto ja palautumisjaksojen kesto mitoitetaan harjoituksen tehon perusteella: kuormitusten kesto lyhenee tehon kasvaessa (Gibala & McGee 2008). Kuvassa 1 on kuvattu kovatehoisen intervalliharjoittelun muuttujat, joita muokkaamalla har-

joitusta pystytään kohdistamaan kehitettävään ominaisuuteen. Näin muuttamalla kuormitusten pituutta ja tehoa, toistojen määrää sekä palautumisjaksojen pituutta ja tapaa, saadaan useita erilaisia intervalliharjoituksia (Hoffmann ym. 2014).



Kuva 1. Kaaviokuva yhdeksästä muuttujasta, joilla HIIT-harjoitus määritellään (mukaeltuna Buchheit & Laursen 2013).

Tasavauhtisen harjoittelun ja kovatehoisen intervalliharjoittelun välillä käydään keskustelua paremmuudesta. Tutkimuksissa on todettu, että kovatehoinen intervalliharjoittelu kehittää suorituskkyä kilpaurheilijoilla, parantaa terveyttä kuntoilijoilla ja aikaansaa saman hyödyn kuin tasavauhtiset kestävyysharjoitukset vähemmällä harjoituskerroilla. Tasavauhtisella harjoituksella tarkoitetaan yli 20 minuuttia kestävää harjoitusta tasaisella intensiteetillä (Zuhl & Kravitz 2012).

Kovatehoisen intervalliharjoittelun ominaispiirre on, että sen avulla kyetään ylläpitämään harjoituksen aikana korkea teho pitempään kuin jatkuvassa tasavauhtisessa harjoituksessa. Tämän takia kovatehoinen intervalliharjoittelu saa aikaan suurempaa harjoitusvaikutusta, mikä

kehittää maksimaalista aerobista kapasiteettia. (Guiraud ym. 2012.) Midgley ja McNaughton (2006) vertailivat jatkuvaa tasavauhtista harjoittelua ja intervalliharjoittelua. Tutkimuksessaan he laskivat, kuinka pitkään missäkin harjoitteessa suoritus tapahtuu maksimaalisella hapenottokyvyllä tai sen lähellä. Intervalliharjoituksissa aika maksimaalisella hapenottokyvyllä tai sen lähellä oli parhaimmillaan 164 % intervallien kestosta ja 85 % koko harjoituksen kestosta. Tasavauhtisella harjoittelulla päästiin maksimissaan viiteen minuuttiin maksimaalisella hapenottokyvyllä tai sen lähellä. Tasavauhtisessa harjoituksessa teho oli all-out eli pyrittiin juoksemaan mahdollisimman kovaa uupumukseen asti. Eroa harjoitusmuotojen välille tuovat intervalliharjoittelussa pidettävät palautukset, joiden jälkeen keho on valmis uuteen kuormitukseen maksimaalisen hapenottokyvyn lähellä.

Palautuminen on tärkeää kovatehoisessa intervalliharjoittelussa, ei ainoastaan harjoitusten välissä, vaan myös harjoituksen aikana kuormitusten välissä. Hazell ym. (2010) tutkivat kymmenen sekunnin kovatehoisten intervallien vaikutusta kahdella eri palautumisajalla kuormitusten välissä. Kun palautuminen oli neljä minuuttia, saatiin harjoittelulla aikaan kasvua maksimaalisessa hapenottokyvyssä 9,2 %:a. Ryhmällä, jolla palautuminen oli kaksi minuuttia kuormitusten välissä, ei ollut havaittavissa merkittävää nousua maksimaalisessa hapenottokyvyssä (3,8 %).

Kovatehoinen intervalliharjoittelu tulee sisällyttää muuhun harjoitteluun, eli ei ole tarkoituksenmukaista pitää sitä ainoana harjoitusmuotona kestävyys suorituskyvyn kehittämisessä (Hoffmann ym. 2014). Kovatehoinen intervalliharjoittelu on tärkeä osa harjoitusjaksoissa, koska se kehittää keski- ja pitkäkestoisia fysiologisia vaikutuksia ja maksimoi suorituskykyä (Buchheit & Laursen 2013). Tavallinen esimerkki kovatehoisesta intervalliharjoittelusta on Wingate-testi, jossa toteutetaan pyöräergometrillä 30 sekunnin maksimaalinen pyöräily suurella vastuksella (Gibala ja McGee 2008).

Energiantuotto intervalliharjoittelussa riippuu intervallien pituudesta. Lyhytkestoisissa intervaleissa (alle 90 s) energiantuotto on pääsääntöisesti anaerobista eli ilman happea tapahtuvaa. Alle kymmenen sekunnin intervaleissa pääenergianlähde on fosfokreatiini (KP). Fosfokreatiinivarastot täyttyvät nopeasti suorituksen jälkeen ja noin kahden minuutin palautumisen jälkeen varastot ovat noin 85 % lähtötasosta. Näin ollen seuraava intervalli voidaan toteuttaa taas fosfokreatiinilla. Tällaista intervallikuormitusta kutsutaan alaktiseksi. Kuormituksesta tulee laktinen, kun yksittäisen kuormituksen kesto on yli 15 sekuntia ja suorituksen teho on yli 80% maksimista. Tällöin energiantuotto tapahtuu glykolyysin avulla ja maitohappoa syntyy run-

saasti. Näissäkin suorituksissa ensimmäisenä energianlähteenä on kuitenkin fosfokreatiinit ja jos palautusaika intervallien välissä on yli kaksi minuuttia, voidaan niitä käyttää jokaisen kuormituksen alussa. (Nummela 2004, 116–117.) Parra ym. (2000) toteavat, että alle kymmenen sekunnin suorituksissa energian tuotto on anaerobista, mutta yli kymmenen sekunnin suorituksissa kasvanut energian tarve kasvattaa energian tuottoa aerobisesti. Voidaan siis todeta, että kovatehoinen intervalliharjoittelu on samalla sekä aerobista että anaerobista harjoittelua.

5.2 Kovatehoiden intervalliharjoittelun fysiologiset vaikutukset

Kaikki fyysinen harjoittelu vaikuttaa elimistön toimintaan ja siten suorituskykyyn; näitä vaikutuksia kutsutaan fysiologisiksi. Kestävyysharjoittelulla vaikutetaan sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan, lihaksistoon sekä metaboliseen toimintaan. Harjoittelu vaikuttaa ensisijaisesti vain niihin elimiin, joita harjoituksen aikana on kuormitettu (Alen & Rauramaa 2005, 30).

Kovatehoiden intervalliharjoittelun fysiologiset vaikutukset ovat pääsääntöisesti kestävyysharjoittelun vaikutuksia, koska kaikki kestävyysharjoittelu vaikuttaa lihaksen aineenvaihduntaan sekä hengitys- ja verenkiertoelimistöön pääosin samalla tavalla (Nummela 1997, 189). Kestävyysharjoittelu saa aikaan eri elimissä monia vaikutuksia, jotka riippuvat harjoittelun aiheuttamasta kuormituksesta. Kestävyysharjoittelun yleisimmät vaikutukset ovat sydämen iskutilavuuden kasvaminen, lepoverenpaineen aleneminen ja rasvan käyttökyvyn sekä verensokerin käytön tehostuminen lihasten energiantuotossa. (Nummela ym. 2004, 344.)

Kovatehoiden intervalliharjoittelun merkittävin fysiologinen vaikutus on hapenkuljetuksen lisääntyminen työtä tekeviin lihaksiin. Hapenkuljetuksen lisääntymiseen vaikuttaa sydämen iskutilavuuden kasvu, joka seuraa korkeammasta vasemman kammion supistumiskyvystä ja/tai kasvaneesta sydämen täyttymispaineesta, jotka nostavat diastolista volyymia. (Laursen & Jenkins 2002.) McArdlen ym. (2007) toteavat iskutilavuuden kasvun olevan tulosta neljästä muuttujasta: Vasemman kammion volyymi ja massa, pienentynyt sydämen ja valtimoiden jäykkyys, kasvanut diastolinen täyttöaika, joka johtuu harjoituksen aikaan saamasta hidaslyöntisyydestä (*bradykardia*), sekä mahdollinen sydämen kasvanut luontainen supistumiskyky.

Kestävyysharjoittelu kasvattaa sekä sydämen massaa että volyymia. Suureneminen johtuu vasemman kammion koon kasvusta (*eksentrinen hypertrofia*) sekä seinien ohentumisesta (*kon-sentrinen hypertrofia*) (McArdle ym. 2007, 479). Myös plasmavolyymin kasvua on havaittu,

muttei ole selvää, onko se harjoittelun vai lämpöön mukautumisen vaikutusta. Kovatehoisessa intervalliharjoittelussa lämpötila voi nousta jopa 40 °C:een. Kestävyyssuorituksissa plasmavolyymin kasvu on tärkein yksittäinen sydämen tasapainoa edistävä ja lämmönsäätelyä kehittävä tekijä. (Laursen & Jenkins 2002.) Plasmavolyymilla tarkoitetaan veriplasman kokonaismäärää kehossa.

Keuhkotuuletus eli ventilaatio kuvaa kehon hapenkulutusta. Harjoittelun seurauksena tietyllä submaksimaalisella työteholla keho tuottaa vähemmän laktaattia ja näin ollen veren pH on korkeampi. Tällöin veren bikarbonaattipuskurijärjestelmä kuormittuu vähemmän ja poistettavan hiilidioksidin määrä johtaa alhaisempaan minuuttiventilaatioon. Tämä pienempi ventilaation tarve laskee koko kehon energiankulutusta. (Nummela 2004, 56.) Näin suorituskyky kasvaa tietyllä intensiteetillä. Lisäksi harjoittelun vaikutuksesta maksimaalinen ventilaatio, kuten myös maksimaalinen hapenottoakyky, kasvaa (Nummela 1997, 190).

Aerobisen harjoittelun myötä kokonaisverenvirtaus lihaksissa kasvaa maksimaalisen suorituksen aikana. Tähän kasvuun vaikuttaa kolme tekijää, jotka ovat kasvanut sydämen minuuttivirtaus, verisuonten poikkipinta-alan kasvu sekä 10-20% kasvanut kapillaaritiheys lihaksissa. (McArdle ym. 2007, 486.) Kapillaarit ovat hiussuonia eli pienimpiä verisuonia. Kapillaaritiheys kertoo kapillaarien määrästä lihaksessa. (Nienstedt ym. 2004, 217.) Toinen lihaksen toimintaan vaikuttava fysiologinen muutos kestävyysharjoittelun aikaansaama lihasten mitokondrioiden koon ja lukumäärän kasvu. Mitokondrioiden suurempi määrä ja koko lisäävät lihaksen adenosiinitrifosfaatin muodostusta energialähteeksi. (Nummela 1997, 189; Nienstedt ym. 2004, 36.)

Edellä mainittu kapillaaritiheyden kasvu lihaksessa sekä kasvanut valtimon ja laskimon happiero tehostavat hapen siirtymistä verenkierrosta lihaksiin (Nummela 1997, 190). Valtimolaskimohappieron (a-v. O₂ diff) kasvu on tulosta tehokkaammasta verenjakelusta aktiivisille lihaksille sekä lihasten paremmasta kyvystä käyttää vapaana olevaa happea hyödyksi. Suurempi valtimo-laskimo happiero tarkoittaa käytännössä sitä, että keho kykenee käyttämään mahdollisimman paljon verenkierrossa olevasta hapesta. Esimerkiksi opiskelijaryhmä kykeni käyttämään 85 % valtimoiden hapesta 55 päivän harjoittelun jälkeen. (McArdle ym. 2007, 485.)

Kestävyysharjoittelun myötä rasvojen käyttö energianlähteenä lisääntyy eli rasvaoksidaatio (hapettuminen) kasvaa. Tämä rasvahappojen käytön lisääntyminen johtuu suuremmasta veren

virtauksesta lihaksissa, tehostetusta lihasten mitokondrioiden hengityskapasiteetista sekä pienentyneestä katekoliamiinien vapautumisesta tietyllä teholla. Lisäksi rasva-aineenvaihduntaan vaikuttavien entsyymien määrä kasvaa harjoittelun myötä. (McArdle ym. 2007, 478.) Katekoliamiinit vähentävät ruuansulatuskanavan toimintoja, jolloin glukoosia ja rasvahappoja vapautuu enemmän energiantuotantoon. Katekoliamiineihin kuuluvat dopamiini, noradrenaliini ja adrenaliini. (Nienstedt ym. 2004, 406–407.) Rasvojen käytön lisääntyminen energianlähteenä säästää glykogeenivarastoja pitkäkestoisissa suorituksissa (Nummela 1997, 190).

Gibala (2007) toteaa, että kovatehoisella intervalliharjoittelulla kyetään muotoilemaan motorisia yksiköitä muuttamalla nopeita lihassoluja hitaiksi lihassoluiksi. Tällä perusteella voi sanoa, että motoristen yksiköiden tarkka rekrytointi suorituksen aikana lisää lihaksen voimantuottokykyä, mikä toisaalta johtaa taas suorituskyvyn kasvuun. Toinen lihaksen voimantuottoon vaikuttava tekijä on aktiivisen lihaksen hapensaanti. Kovatehoisen intervalliharjoittelun myötä tapahtuvat muutokset hengitys- ja verenkiertoelimistössä, kuten iskutilavuuden kasvu, lisäävät verenvirtausta aktiiviseen lihakseen, jolloin se kykenee työskentelemään paremmin. (McArdle ym. 2007, 480.)

6 KOVATEHOISEN INTERVALLIHARJOITTELUN VAIKUTUKSET SUORITUSKYKYYN

Sloth ym. (2013) tekivät katsauksen tutkimuksiin, joissa tarkasteltiin kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia kestävyys- ja keuhkojen tekijöihin. Siinä löydettiin 12 tutkimusta, joissa oli havaittu kasvua maksimaalisessa hapenottokykyssä 4–13,5 % välillä. Lisäksi he löysivät kaksi tutkimusta, joissa merkittävää muutosta ei havaittu. Lisäksi useissa tutkimuksissa oli havaittu selvää kasvua maksimitehossa Wingate-testin aikana, parhaimmillaan 17 %. Yhteenvedon toteuttiin, että kovatehoisen intervalliharjoittelu kehittää sekä aerobista että anaerobista suorituskkyä.

6.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistö

Kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksista maksimaaliseen hapenottokykyyn on monia tutkimuksia. Hicksonin ym. (1977) tutkimuksessa 8 kuntoilijan maksimaalinen hapenottokyky kasvoi 44 % 10 viikon harjoitusjakson aikana. Toisaalta harjoittelu ei ollut pelkästään kovatehoista intervalliharjoittelua, vaan se sisälsi joka toinen päivä interalleja pyörällä ja joka toinen päivä tasavauhtisen juoksun korkealla intensiteetillä. Talanianin ym. (2007) tutkimuksessa kovatehoisella intervalliharjoittelulla maksimaalinen hapenottokyky kasvoi 13 % (ennen 36,3 ml/kg/min, jälkeen 40,9 ml/kg/min). Harjoittelujakso kesti kaksi viikkoa ja sisälsi seitsemän harjoitusta, joissa jokaisessa oli kymmenen neljän minuutin suoritusta 90 % teholla ja suoritusten välillä oli kahden minuutin lepo; harjoitukset suoritettiin pyöräergometrillä.

Gaesserin ja Wilsonin (1988) tutkimuksessa kovatehoisen intervalliharjoittelun ryhmä suoritti kuuden viikon aikana kolme kertaa viikossa 10x2 minuutin kuormituksen. Kuormitusten teho oli 100 %:a maksimaalisesta hapenottokyvystä. Tutkimuksessa maksimaalisen hapenottokyyyn nousu oli tilastollisesti merkitsevä. Toisen ryhmän, joka suoritti 40 minuutin yhtäjaksoisen pyöräilyn 50 %:n teholla maksimaalisesta hapenottokyvystä, maksimaalinen hapenottokyy ei kasvanut merkittävästi. (Hoffmann ym. 2014.)

Burgomaster ym. (2008) tutkivat kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutusta polkupyörätestiin, jossa poljettiin teholla 65 % maksimaalisesta hapenottokyvystä 60 minuutin ajan. Intervalliharjoitteluryhmällä kuormitus kuuden viikon harjoittelun jälkeen oli pienempi. Toisaalta myös tasavauhtisella harjoittelulla päästiin samoihin tuloksiin. Ennen harjoittelujaksoa kes-

kisyke testissä oli 160 ja kuuden viikon harjoittelun jälkeen 151. Ventilaatio suorituksessa putosi 48 l/min:sta 42 l/min:iin.

Osawa ym. (2014) tutkivat kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia kahdella eri harjoitteluryhmällä. Ryhmistä toinen suoritti harjoitukset pyöräergometrillä ja toinen ryhmä sekä pyöräergometrillä että käsiergometrillä. Tutkimus kesti 16 viikkoa ja joka viikko suoritettiin kaksi harjoitusta, kestoaltaan noin 20 minuuttia. Harjoitusjakson jälkeen suoritettiin testi pyöräergometrillä. Pelkällä pyöräergometrillä harjoitellulla ryhmällä maksimaalinen hapenotto-kyky kasvoi 16-viikon aikana keskimäärin 17,6 %, parhaimman kehityksen ollessa 30,3 %. Kahdella eri tavalla harjoitelleella ryhmällä kasvua oli keskimäärin 10,7 %, parhaimmillaan 30,6 %.

Helgerud ym. (2001) tutkivat kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia norjalaisten huippujalkapalloilijoiden suorituskykyyn. Tutkimuksessa intervalliryhmä harjoitteli kahdeksan viikon ajan kahdesti viikossa, harjoituksena 4x4 minuuttia kolmen minuutin palautuksella. Näiden kahden harjoituksen lisäksi pelaajat olivat mukana joukkueiden harjoituksissa, normaalilla viikolla neljästi viikossa puolitoista tuntia harjoituksia sekä yksi peli. Harjoitusjakson aikana pelaajien maksimaalinen hapenotto-kyky kasvoi 6,2 ml/kg/min (ennen 58,1 ml/kg/min, jälkeen 64,3 ml/kg/min) eli 10,7 %. Kontrolliryhmällä, joka toteutti vain joukkueen yhteiset harjoitukset, nousua oli vain 1,1 ml/kg/min (58,4 ml/kg/min, 59,5 ml/kg/min). Lisäksi juoksijoiden laktaattikynnys eli anaerobinen kynnys kasvoi. Ennen harjoitusjaksoa nopeus laktaattikynnyksellä oli 11,1 km/h ja harjoitusjakson jälkeen 13,5 km/h. Laktaattikynnyksellä tai anaerobisella kynnyksellä tarkoitetaan sitä nopeutta, jolla laktaatin nousu alkaa kiihtyä (2–5 mmol/l). Laktaattikynnyksellä syke on keskimäärin 20 lyöntiä alle maksimin, mutta lukemaa ei voi pitää yleispätevänä. (Nummela ym. 2004, 360.) Taulukossa 1 on esitetty eräissä tutkimuksissa havaittuja muutoksia maksimaalisessa hapenotto-kyvyssä kovatehoisen intervalliharjoittelun seurauksena.

Taulukko 1. Eräissä tutkimuksissa havaittuja muutoksia maksimaalisessa hapenotto-
kyvyssä.

Tutkimus	n	Tutk. kesto	Harj/vko	Harjoite	Teho	VO2max (ml/min/kg)		
						Ennen	Jälkeen	Muutos
Bayati ym. 2011	8	4 vkoa	3	3-5x30"/4'	All-out	44,6	48,9	9,60 %
	8			6-10x30"/2'	125 % Pmax	44,3	48,6	9,70 %
Osawa ym. 2014	7	16 vkoa	2	8-12x60"/60"	90 % VO2max	41,1	48,3	17,50 %
	5			4-6x60"/60"	90 % VO2max	38,4	42,9	11,70 %
Hottenrott ym. 2012	14	12 vkoa	3	ti ja pe 10x30"; to 4-6x2'	All-out; max nopeus	36,8	43,6	18,50 %
Helgerud ym. 2001	9	8 vkoa	2	4x4'/3'	90-95 % max syke	58,1	64,3	10,70 %
Rowan ym. 2012	7	5 vkoa	2	5x30"/3,5-4,5'	All-out	50,7	53,0	4,50 %
Talanian ym. 2007	8	2 vkoa	3-4 (yht 7)	10x4'/2'	90 % VO2max	36,3	40,9	12,70 %
Burgomaster ym. 2008	10	6 vkoa	3	4-6x30"/4,5'	All-out	41	44	7,30 %
Macpherson ym. 2011	10	6 vkoa	3	4-6x30"/4'	All-out	46,8	52,2	11,50 %
Metcalfe ym. 2011	7	6 vkoa	3	2x10",15",20"	All-out	36,3	41,6	14,60 %
	8					32,5	36,4	12,00 %
Trilk ym. 2011	14	4 vkoa	3	4-7x30"/4'	Vastus 5% paino	21,6	24,5	13,40 %
Hazell ym. 2010	12	2 vkoa	3	4-6x30"/4'	Vastus 100g/massa kg	46,2	50,5	9,30 %
	12			4-6x10"/4'		48,9	53,4	9,20 %
	12			4-6x10"/2'		47,4	49,2	3,80 %
Whyte ym. 2010	10	2 vkoa	3	4-6x30"/4,5'	All-out	32,8	35,9	9,50 %
Esfarjani ym. 2007	6	10 vkoa	2	8x60%Tmax/60%Tmax	V-VO2max	51,3	56	9,20 %
	6			12x30"/4,5'	130% V-VO2max	51,7	54,9	6,20 %

All-out = yli 90% max syke tai VO2max, VO2max = maksimaalinen hapenotto-
kyky, V-VO2max = nopeus VO2max tasolla,
Pmax = teho VO2 max tasolla

6.2 Lihaksisto

Gibala (2007) havaitsi tutkimuksessaan, että kovatehoisella intervalliharjoittelulla kyetään vaikuttamaan myös lihassolujakaumaan. Kovatehoisella intervalliharjoittelulla on vaikutusta luurankolihasrakenteeseen. Intervalliharjoittelulla on huomattu olevan vaikutuksia lihassolujen muotoiluun eli tyypin II-lihassoluja (nopeat lihassolut) muuttuu tyypin I-lihassoluiksi (hitaat lihassolut). Nämä muutokset saadaan aikaan kovatehoisen intervalliharjoittelun korkealla lihassolujen rekrytoinnilla ja potentiaalilla rasittaa tyypin II-lihassoluja tarkasti. (Gibala 2007.) Yleisesti harjoittelu luokitellaan joko kestävyys- tai voimaharjoitteluksi. Kuitenkin lyhytkestoinen kovatehoisin kuormitus on yhteydessä luurankolihasmassaan, kun taas pitkäkestoinen matala- tai keskitehoisin kuormitus on yhteydessä mitokondriomassaan sekä oksidatiivisten entsyymien aktiivisuuteen. (Gibala & McGee 2008.)

Lyhytkestoisten intervallien (SIT) ja kovatehoisen jatkuvan harjoittelun (ET) vaikutukset lihasten oksidatiivisessa kapasiteetissa, eli tehossa käyttää happea hyväksi, lihasten puskuroin-

tikyvyssä ja suorituskyvyssä ovat samankaltaisia ilman suuria eroja. Lihasten puskurointikyvyssä, eli lihaksen tavoissa estää happamoitumista, SIT-ryhmällä oli kasvua 7,6 % ja ET-ryhmällä 4,2 %. Tutkimuksessa intervalliryhmä harjoitteli 2–3 minuuttia harjoitusteholla harjoituksessa joka kesti 18–27 minuuttia. Jatkuvan harjoittelun ryhmä harjoitteli harjoitusteholla 90–120 minuuttia harjoituksessa. Voi siis todeta, että intervalliharjoittelulla saadaan samat tulokset vähemmällä ajankäytöllä ja pienemmällä harjoitusmäärällä. (Gibala ym. 2006.)

Osawa ym. (2014) tutkivat kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutuksia kahdella eri harjoitteluryhmällä. Toinen ryhmä harjoitteli kahdesti viikossa 8-12x60''/60'' pelkästään polkupyöräergometrillä. Toinen ryhmä harjoitteli kahdesti viikossa 4-6x60''/60'' polkupyöräergometrillä ja sen jälkeen 60 sekunnin suoritus käsiergometrillä. Kaikki suoritukset tapahtuivat 90 % teholla maksimaalisesta hapenottokyvystä. Tutkimuksessa todettiin lihaksen hypertrofiaa lonkankoukistajassa (*psoas major*), vinoissa vatsalihaksissa (*anterolateral abdominal*) sekä nelipäisessä reisilihaksessa (*quadriceps femoris*). Päähavainto tutkimuksessa oli se, että kovatehoinen intervalliharjoittelu kehittää sekä aerobista kapasiteettia että lihashypertrofiaa niin alakuin ylävartalossa.

Hermolihasjärjestelmään ei ole tutkimuksissa havaittu muutoksia. Helgerud ym. (2001) toteivat tutkimuksessaan, että harjoittelu ei aiheuttanut muutoksia maksimikyykkyyyn (ennen 146kg, jälkeen 142kg) tai vertikaalihyppyyn (54,9cm, 54,7cm). Tutkimuksessa viitataan aikaisempiin tutkimuksiin (Hennessy & Watson 1994; Hoff ym. 1999), joissa todetaan, ettei kestävyys harjoittelulla ole negatiivista vaikutusta voimaan, nopeuteen ja maksimaaliseen hyppykorkeuteen.

6.3 Aineenvaihdunta ja kehon koostumus

Intervalliharjoittelun on todettu kasvattavan rasvojen oksidaatiota. Rasvojen oksidaatiolla tarkoitetaan rasvan käyttöä energialähteenä hiilihydraattien sijasta. Eräässä tutkimuksessa verrattiin tunnin kestävää tasavauhtista harjoitusta ja tunnin mittaista intervalliharjoitusta (15''/15'') samalla työmäärällä (157W). Kuntoilijoilla todettiin, että intervalliharjoituksessa käytettiin enemmän rasvoja ja vähemmän glykogeneeniä kuin tasavauhtisessa harjoituksessa. Intervalliharjoittelussa 13 % aerobisesta energiantuotosta tuli rasvoista ja 11 % hiilihydraateista. Tasavauhtisella harjoituksella samat luvut olivat 11 % ja 13 %. (Essen ym. 1977.)

Hottenrott ym. (2012) huomasivat tutkimuksessaan, että kovatehoisella intervalliharjoittelulla on myös niin sanottuja terveysvaikutuksia. Kahdentoista viikon harjoittelun aikana rasvaprosentti tippui 22,5 %:sta 21,0 %:iin. Samalla myös viskeraalisen rasvan, eli sisäelimissä olevan rasvan määrä väheni 5,6kg:sta 4,1kg:aan. Rasvaprosentin ja viskeraalisen rasvan pienentymisen myötä myös kehon massa tippui 70,5 kg:sta 67,6 kg:aan. Samassa tutkimuksessa todettiin myös selkeää nousua maksimaalisessa hapenottokyvyssä, 18,5 %. Tutkimuksessa kovatehoisen intervalliharjoittelun ryhmä harjoitteli viidesti viikossa, joista kolme harjoitusta oli intervalliharjoituksia.

Whyte ym. (2010) toteuttivat tutkimuksen ylipainoisille miehille. Tutkimuksen harjoitusjakso kesti kaksi viikkoa ja tutkimuksessa selvitettiin terveysvaikutuksia. Harjoittelujakson jälkeen todettiin, että harjoituksen vaikutuksesta koehenkilöiden insuliinin erityös oli kasvanut sekä levossa rasvaoksidaatio lisääntynyt. Insuliini edistää glukoosin siirtymistä verestä soluihin, etenkin rasva- ja lihassoluihin (Nienstedt ym. 2004, 399). Lisäksi ylipainoisille koehenkilöille terveysvaikutuksena systolinen verenpaine pieneni harjoittelun myötä (Whyte ym. 2010).

6.4 Yhteenveto

Yhteenvetona voi todeta, että kovatehoinen intervalliharjoittelu vaikuttaa positiivisesti niin hengitys- ja verenkiertoelimistöön, lihaksistoon kuin aineenvaihduntaan. Näiden vaikutusten ansiosta harjoittelulla saadaan muutoksia fyysiseen suorituskyykyyn ja näin ollen harjoittelu on hyödyllistä. Taulukkoon 2 on koottu yhdeksän tutkimuksen päähavainnot fyysisen suorituskyykyyn muuttujissa.

Monessa tutkimuksessa oli keskitytty yhteen tai kahteen muuttujaan, joiden muutoksia harjoittelun vaikutuksesta tutkittiin. Selvimät ja yleisimmät muutokset olivat maksimaalisen hapenottokyykyyn kasvu sekä rasvaoksidaation kasvu. Muita muutoksia olivat suorituksen aikaisen ventilaation ja keskisykkeen pieneneminen, verenpaineen lasku, lihashypertrofia, insuliinin erityksen lisääntyminen sekä lihassolujakauman muutokset.

Taulukko 2. Päähavainnot eräistä tutkimuksista

Tutkimus	Muuttuja ja muutos		Muuttuja ja muutos	
Hickson ym. 1977	VO2max	↑		
Talanian ym. 2007	VO2max	↑	Rasvaoksidaatio	↑
Gaesser & Wilson 1988	VO2max	↑		
Burgomaster ym. 2008	Ventilaatio	↓	KA. Syke suorituksessa	↓
Osawa ym. 2014	VO2max	↑	Lihashypertrofia	↑
Gibala 2007	II-lihassolu	→	I-lihassolu	
Essen ym. 1977	Rasvaoksidaatio	↑		
Hottenrott ym. 2012	Rasvaprosentti	↓	Viskeraalinen rasva	↓
Whyte ym. 2010	Verenpaine	↓	Rasvaoksidaatio	↑
Helgerud ym. 2001	VO2max	↑		

Tämän tutkielman päähavainnot olivat, että kovatehoisen intervalliharjoittelun positiiviset vaikutukset niin hengitys- ja verenkiertoelimistöön, lihassolujakaumaan kuin aineenvaihduntaan kehittävät fyysistä suorituskykyä. Näin ollen kovatehoinen intervalliharjoittelu kehittää myös sotilaan kokonaisvaltaista suorituskykyä ja on sotilaille sopiva harjoittelumuoto.

Kovatehoinen intervalliharjoittelu saa aikaan kasvua maksimaalisessa hapenottokyvyssä, kuten monissa tutkimuksissa on havaittu. On kuitenkin huomioitava, että näissä tutkimuksissa koehenkilöt ovat harjoitelleet 2–4 kertaa viikossa eri ohjelman mukaan, ja suurimmassa osassa tutkimuksia muunlaista harjoittelua ei ole ollut. Parhaiten sotilaan suorituskyvyn kehittämiseen soveltuu Helgerudin ym. (2001) tutkimus, jossa huippujalkapalloilijat harjoittelivat intervalliharjoittelua muun harjoittelun ohella. Tätä muuta harjoittelua voi verrata sotilaan fyysiseen työhön, joka jo itsessään aiheuttaa rasitusta ja mahdollisesti kehittää suorituskykyä. Tällöin kovatehoinen intervalliharjoitus on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä sijoittamaan niihin kohtiin viikkoa, joissa keho olisi mahdollisimman palautunut.

Lisäksi Helgerudin ym. (2001) tutkimuksessa testattavien lähtötaso oli jo valmiiksi melko korkea (VO_{max} 58,1 ml/kg/min), ja silti kehitystä maksimaalisessa hapenottokyvyssä oli 10,7 %. Muissa tutkimuksissa olleet koehenkilöt olivat suurimmalta osin kuntoliikkuja, ja lähtötaso oli 40 ja 50 ml/kg/min välillä. Suuressa osassa tutkimuksia olikin vaatimuksena koehenkilöille se, että he eivät olleet saaneet 3-6 kuukauteen harjoitella harjoitusohjelman mukaan. Tämä nostaa esiin sen, että suomalainen sotilas, joka pitää itseään fyysisessä kunnossa, on lähtötasoltaan keskitasoa korkeammalla.

Tutkimuksista on havaittavissa, että kahden ja kymmenen viikon samankaltaisella harjoittelulla muutos maksimaalisessa hapenottokyvyssä on samaa suuruusluokkaa. Se, kertooko tämä koehenkilöiden henkilökohtaisista ominaisuuksista vai kenties harjoittelun toimimattomuudesta pitkällä aikavälillä, on lähes mahdotonta arvioida. Arvio henkilökohtaisista eroista voisi olla oletettavampi, koska suurimmat prosentuaaliset muutokset maksimaalisessa hapenottokyvyssä on tapahtunut tutkimuksissa, joissa koehenkilöiden alkuperäinen maksimaalinen hapenottokyky on ollut alle 40 ml/kg/min. Toisaalta tämä eripituisten harjoitusjaksojen tulosten samankaltaisuus voi kertoa myös siitä, että kovatehoisella intervalliharjoittelulla saadaan tuloksia aikaan jo lyhyessä ajassa. Kuitenkin mitä pidemmällä harjoittelujakso etenee, sitä vähemmän kehitystä tapahtuu. Esimerkiksi kahden viikon harjoittelulla maksimaalinen hapenot-

tokyky kasvoi 12,7 %:a (Talanian ym. 2007) ja kuuden viikon harjoittelulla 14,6 %:a (Metcalfe ym. 2011). Näissä tutkimuksissa lähtötaso oli koehenkilöillä sama (VO_2max 36,3 ml/kg/min).

Harjoitteen muodolla ei ole havaittavissa suurta vaikutusta harjoittelun tuloksiin. Tutkimuksissa kuormitusten pituudet vaihtelivat kymmenestä sekunnista neljään minuuttiin ja palautusjaksot kuudestakymmenestä sekunnista neljään ja puoleen minuuttiin. Suurin kasvu maksimaalisessa hapenottokyvyssä (17,5 %, 7,2 ml/min/kg) saatiin harjoituksella 8-12x60''/60'' (60 sekunnin kuormitus ja 60 sekunnin palautus), joka toteutettiin kolme kertaa viikossa 16 viikon ajan (Osawa ym. 2014). Toisaalta 4x4'/3' harjoituksella (neljän minuutin kuormitus ja kolmen minuutin palautus), joka toteutettiin kahdesti viikossa kahdeksan viikon ajan, päästiin lähes samoihin tuloksiin kuin edellä mainitulla harjoittelulla (10,7 %, 6,2 ml/min/kg) (Helgerud ym. 2001).

Tutkimuksissa on havaittu, että jo kahden viikon kovatehoisen intervalliharjoittelun jälkeen maksimaalinen hapenottokyky on kasvanut jopa 12,7 %. Yhdessäkään tutkimuksessa ei ole otettu kantaa siihen, kuinka pysyvä tällainen harjoitusvaikutus on. Voisi olettaa, että mitä lyhyemmällä ajanjaksolla kehitys on tullut sitä vähemmän aikaa tulokset pysyvät. Oletettavasti 16 viikon harjoittelulla saadut tulokset myös pysyvät pidempään, koska kehitys on ollut jatkuvampaa ja korkeampi taso on pidetty yllä kauemmin. Tätä olettamusta tukee myös se, että kehitys hidastuu mitä kauemmin on harjoiteltu ja näin ollen harjoittelu on myös ylläpitävää. Toisaalta, jos harjoittelun lopettaa kokonaan pitkän harjoitusjakson jälkeen, eivät harjoittelun tulokset ole kauan näkyvissä. Esimerkiksi 20 päivän lepo laski maksimaalista hapenottokykyä 25 %:a (McArdle ym. 2007, 476).

Kovatehoista intervalliharjoittelua voidaan pitää hyvänä harjoitusmuotona niin huippu-urheilijoille kuin kuntoilijoille. Huippu-urheilijoiden harjoitusohjelmaan sisällyttäessä kovatehoista intervalliharjoittelua, saadaan harjoitusvaikutukset maksimoitua lyhyellä ajanjaksolla. Kuntoilijat taas kykenevät kehittämään kuntoaan vähällä harjoittelulla lyhyessä ajassa. Kovatehoinen intervalliharjoittelu soveltuu kaiken tasoisille liikkujille, koska harjoitukset sovitetaan henkilön oman kuntotason mukaan (Feito 2014). Juosten suoritettu kovatehoinen intervalliharjoitus on myös todettu miellyttävämmäksi kuin tasavauhtinen pitkäkestoinen harjoitus (Bartlett ym. 2011). Voidaan siis todeta, että kovatehoinen intervalliharjoittelu sopii myös kiireisille ihmisille, koska harjoituksen kestoa voi säädellä käytössä olevan ajan mukaan. Tämä

tukee myös harjoittelumuodon sopivuutta sotilaille, jolloin työpäivän aikana pystyy puolentunnin harjoituksellakin saamaan aikaan tuloksia.

Kovatehoisen intervalliharjoittelun aiheuttamista vammoista ei ole paljoa tietoa. Neljässä tutkimuksessa mainittiin koehenkilöistä, jotka joutuivat keskeyttämään harjoittelujakson. Näissä neljässä tutkimuksessa oli yhteensä 11 keskeyttänyttä, joista neljällä keskeyttäminen johtui tuki- ja liikuntaelimestön ongelmista: yhdellä alaselkäkipua, yhdellä nilkan nivelsidevamma ja kahden muun vammoja ei tarkkaan kerrottu. Kaikissa tilanteissa todettiin, että kivut ja loukaantumiset eivät johtuneet harjoittelusta. Kuitenkin on todennäköistä, että kovatehoinen intervalliharjoittelu, jossa kuormitukset tehdään joko maksimilla tai lähellä sitä, aiheuttaa joitain vammoja pitkällä aikavälillä. Harjoittelussa onkin huomioitava, että harjoittelu ei kohdistu aina samoihin lihaksiin ja niveliin, jolloin rasitusvammojen mahdollisuus pienenee. Toisin sanoen harjoitusmuodon vaihto esimerkiksi juoksusta pyöräilyyn tai pyöräilystä juoksuun vähentää kuormitusta aina samoille lihaksille ja nivelille.

Kovatehoinen kestävyysharjoittelu soveltuu sotilaille matalatehoista kestävyysharjoittelua paremmin. Kovatehoisen intervalliharjoittelun vaikutukset ovat erittäin positiivisia suorituskyvyn ja tuloksia on todettu lyhyessäkin ajassa. Kovatehoinen kestävyysharjoittelu kehittää maksimaalista hapenottoa ja näin ollen koko kestävyys suorituskyky paranee. Matalatehoisen kestävyysharjoittelun myötä kehittymistä tapahtuu vain peruskestävyyden puolella eli kovatehoisen harjoittelun muutokset ovat laajemmat. Matalatehoisen harjoittelun eduksi voidaan laskea sen pienempi kuormittavuus, jolloin sen vaikutuksia ja toteuttamista ei häiritse muu fyysinen toiminta. Matalatehoinen harjoittelu on myös parempi esimerkiksi palveluksen aloittaneille varusmiehille, joilla kaikilla ei ole kovin aktiivinen tausta. Toisaalta kovatehoisen intervalliharjoittelun yhtenä mahdollisuutena on muokata harjoittelua kohdehenkilön ominaisuuksien mukaan eli jokainen tekee omalla harjoituksen omalla tehollaan.

Kovatehoista kestävyysharjoittelua sotilaille ohjelmoitaessa voisi hyvänä perusmallina olla yksi tai kaksi kovatehoista intervalliharjoitusta viikossa. Viikon aikana muu fyysinen toiminta tukisi sotilaan harjoittelua. Kahdella harjoituksella viikossa, esimerkiksi 5x60''/3' (60 sekunnin kuormitus, kolmen minuutin palautus) ja 4x3'/4' (kolmen minuutin kuormitus ja neljän minuutin palautus) harjoituksilla, saataisiin maksimaalista hapenottoa kasvatettua jo kuukauden aikana. Toisaalta harjoittelussa on muistettava, että se ei saa koostua pelkästään intervalliharjoittelusta, vaan harjoitteluun täytyy sisällyttää myös matalatehoisia harjoituksia sekä voimaharjoittelua. Lisäksi harjoitteiden sisältöä muuttamalla, saadaan harjoittelusta moni-

puolisempaa. Kovatehoisen intervalliharjoittelun parhaita puolia on juuri sen muokattavuus ja sotilas kykenee omatoimisesti suunnittelemaan harjoitteen muut fyysiset rasitteet huomioiden.

Vaikka kestävyys suorituskyky on tärkeä sotilaille ja oletettavasti sen kehittyessä myös koko suorituskyky kehittyy, on muistettava että sotilaille on tärkeää kokonaisvaltainen fyysisen suorituskyvyn kehittäminen. Ei siis saa unohtaa voimaharjoittelun tärkeyttä. Siksi onkin tärkeää yhdistää toimiva kestävyys- ja voimaharjoittelu, jotta oma suorituskyky sodan ajan tehtäviä varten kehittyy. Lisäksi on tärkeää muistaa, että fyysiseen suorituskykyyn on kyettävä liittämään vielä muut toimintakyvyn osa-alueet eli psyykinen, sosiaalinen ja eettinen. Psyykkiseen toimintakykyyn on havaittu olevan positiivista vaikutusta hyvästä fyysisestä suorituskyvystä, jolloin harjoittelu kehittää kahta osa-aluetta.

Aineistona tutkimuksessa käytettiin laajasti eri maissa tehtyjä tutkimuksia. Tutkimuksissa käytettiin koehenkilöinä siviilihenkilöitä, joten tutkimustuloksia ei kyetä suoraan siirtämään suomalaiselle sotilaille. Tarkemman tutkimustuloksen saamiseksi on jatkossa tehtävä empiirisiä kokeita suomalaisille sotilaille, jolloin harjoittelun vaikutukset saadaan selville. Tämä tutkimus on kuitenkin hyvä lähtökohta tulevaisuudessa tehtäville tutkimuksille, joissa tutkitaan kovatehoisen kestävyys harjoittelun vaikutuksia sotilaan suorituskykyyn. Tekijän mielestä hyviä jatkotutkimusaiheita ovat esimerkiksi pelkän kovatehoisen kestävyys harjoittelun ja yhdistetyn voimaharjoittelun vaikutus sotilaan suorituskykyyn sekä kovatehoisen kestävyys harjoittelun vaikutus simuloituihin sotilastehtäviin, kuten evakuointiin ja syöksymiseen. Lisäksi olisi hyvä tutkia kuinka pysyviä harjoitusvaikutuksia saadaan muutaman viikon intensiivisellä harjoittelulla, jos harjoittelu ei jatkukaan enää samanlaisena sen jälkeen.

Alavillamo, J. 1999. Sotilaan toimintakyky. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Diplomityö.

Alen, M. & Rauramaa, R. 2005. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmittäin. Teoksessa Vuori, I., Taimela, S. & Kujala, U. (Toim.), Liikuntalääketiede. Helsinki: Duodecim, 30–54.

Bartlett, J.D., Close, G.L., MacLaren, D.P.M., Gregson, W., Drust, B. & Morton, J.P. 2011. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences* 2011; 29(6): 547–553.

Bayati, M., Farzad, B., Gharakhanlou, R. & Agha-Alinejad, H. 2011. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble ‘all-out’ sprint interval training. *Journal of Sports Science and Medicine* 2011; 10: 571–576.

Buchheit, M. & Laursen, P.B. 2013. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle, Part II: Anaerobic Energy, Neuromuscular Load and Practical Applications. *Sports Med* 2013; 43: 927–954.

Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M. J., McGee, S. L. & Gibala, M. J. 2008. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology* 2008; 586(1): 151–160.

Esfarjani, F. & Laursen, P. B. 2007. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO_2max , the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2007; 10: 27–35.

Essen, B., Hagenfeldt, L. & Kaijser, L. 1977. Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J Physiol* 1977; 265: 489–506.

Feito, Y. 2014. High-Intensity Interval Training. ACSM Fit Society Page 2014; 16(1).

Gibala, M.J. 2007. High-intensity Interval Training: A Time-efficient Strategy for Health Promotion? *Current Sports Medicine Reports* 2007; 6: 211–213.

Gibala, M. J. & McGee, S. L. 2008. Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews* 2008; 36(2): 58–63.

Gibala, M.J., Little, J.P., van Essen, M., Wilkin, G.P., Burgomaster, K.A., Safdar, A., Raha, S. & Tarnopolsky, M.A. 2006. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 575.3: 901–911.

Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M. & Bosquet, L. 2012. High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Med* 2012; 42(7): 587–605.

Hazell, T. J., MacPherson, R. E. K., Gravelle, B. M. R. & Lemon, P. W. R. 2010. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *Eur J Appl Physiol* 2010.

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U. & Hoff, J. 2001. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001; 33(11): 1925–1931.

Hickson, R. C., Bomze, H. A. & Holloszy, J. O. 1977. Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *J Appl Physiol* 1977; 42: 372–376.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1998. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Hoffmann, J. J., Reed, J. P., Leiting, K., Chiang, C-Y. & Stone, M. H. 2014. Repeated Sprints, High-Intensity Interval Training, Small-Sided Games: Theory and Application to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2014; 9: 352–357.

- Hottenrott, K., Ludyga, S. & Schulze, S. 2012. Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. *Journal of Sports Science and Medicine* 2012; 11: 483–488.
- Jones, A. & Carter, H. 2000. The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Med* 2000; 29(6): 373–386.
- Kantola H. 1989. Harjoittelun periaatteet. Teoksessa Kantola, H. (Toim.), *Suomalainen valmennusoppi: Harjoittelu*. Helsinki: Urheilusyke Oy, 123–132.
- Keskinen, K. 2005. Fyysinen kunto ja sen testaaminen. Teoksessa Vuori, I., Taimela, S. & Kujala, U. (Toim.), *Liikuntalääketiede*. Helsinki: Duodecim, 102–119.
- Kokko, J. 2008. Vertaileva tutkimus taisteluvälikorkeakoulun fyysisestä kuormittavuudesta. Maanpuolustuskorkeakoulu. Pro Gradu.
- Koski, H., Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2005. Liikuntakäyttäytyminen ja sotilaiden fyysinen suorituskky Puolustusvoimien liikuntatieteellisen tutkimuksen viitekehityksessä. *Tiede ja ase* 2005; 63: 205–219.
- Kraemer, W. & Szivak, T. 2012. Strength training for the warfighter. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2012; 26(7): 107–118.
- Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa Toiskallio, J. (Toim.), *Toimintakyky sotilaspedagogiikassa*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, 25–41.
- Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2006. Liikuntatieteiden soveltaminen sotilaan fyysisen suorituskvyn kehittämisessä. Teoksessa Huhtinen, A-M. & Toiskallio, J. (Toim.), *Maanpuolustuskorkeakoulu – kehittyvä sotatieteellinen yliopisto*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, 226–239.
- Laursen, P. B. & Jenkins, D. G. 2002. The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training: Optimising Training Programmes and Maximising Performance in Highly Trained Endurance Athletes. *Sports Med* 2002; 32(1): 53–73.

- Lindholm, H., Ilmarinen, R., Santtila, M., Oksa, J., Rissanen, S., Hirvonen, A., Mälkiä, E., Rusko, H., Mäntysaari, M. & Kyröläinen, H. 2008. Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskyky ja kuormituksen sekä kuormittumisen arviointi kenttäoloissa. MATINE:n julkaisusarja 2008.
- Macpherson, R. E., Hazell, T. J., Olver, T. D., Paterson, D. H. & Lemon, P. W. 2011. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2011; 43(1): 115–122.
- Matikainen, E., Aro, T., Kalimo, R., Ilmarinen, J. & Torstila, I. 1995. Hyvä työkyky : Työkyvyn ylläpidon malleja ja keinoja. Helsinki: Työterveyslaitos.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2007. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition & Human performance*, Sixth Edition. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Midgley, A. W. & McNaughton, L. R. 2006. Time at or near VO_2 max during continuous and intermittent running. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2006; 46: 1–14.
- Mero A. 1997. Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. (Toim.), *Nykyaikainen urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Mero Oy, 50–68.
- Metcalf, R. S., Babraj, J. A., Fawcner, S. G. & Vollaard, N. B. J. 2012. Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training *European Journal of Applied Physiology* 2012; 112(7): 2767–2775.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2004. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Helsinki: WSOY.
- Nindl, B.C., Leone, C.D., Tharion, W., Johnson, R.F., Castellani, J., Patton, J.F. & Montain, S.J. 2002. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(11): 1814–1822.
- Nummela, A. 1997. Kestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. (Toim.), *Nykyaikainen urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Mero Oy, 182–195.

Nummela, A. 1997. Nopeuskestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. (Toim.), *Nykyaikainen urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Mero Oy, 173–181.

Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. (Toim.), *Urheiluvalmennus*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 97–126.

Nummela, A. 2004. Kestävyys suorituskykyä selittävät tekijät. Teoksessa Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (Toim.), *Kuntotestauksen käsikirja*. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry, 51–59.

Nummela, A., Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. (Toim.), *Urheiluvalmennus*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 333–363.

Osawa, Y., Azuma, K., Tabata, S., Katsukawa, F., Ishida, H., Oguma, Y., Kawai, T., Itoh, H., Okuda, S. & Matsumoto, H. 2014. Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. *Open Access Journal of Sports Medicine* 2014; 5: 257–265.

Parra, J., Cadefau, J. A., Rodas, G., Amigo, N. & Cusso, R. 2000. The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. *Acta Physiologica Scandinavica* 2000; 169(2): 157–165.

Pääesikunnan koulutusosaston pysyväisasiakirja A 4:3.1: Palkatun henkilöstön fyysinen suorituskky ja työkyky 1999.

Rowan, A. E., Kueffner, T. E. & Stavrianeas, S. 2012. Short Duration High-Intensity Interval Training Improves Aerobic Conditioning of Female College Soccer Players. *International Journal of Exercise Science* 2012; 5(3): 232–238.

Rusko, H. 1989. Kestävyys ja sen harjoittaminen. Teoksessa Kantola, H. (Toim.), *Suomalainen valmennusoppi: Harjoittelu*. Helsinki: Urheilusyke Oy, 151–164.

Seiler, S. 2010. What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2010; 5: 276–291.

Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K. & Dalgas, U. 2013. Effects of sprint interval training on VO_2max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2013; 23: 341–352.

Talanian, J., Galloway, S., Heigenhauser, G., Bonen, A. & Spriet, L. 2007. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol* 2007; 102: 1439–1447.

Trilk, J. L., Singhal, A., Bigelman, K. A. & Cureton, K. J. 2011. Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweight/obese women. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111: 1591–1597.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.

Vaara, J., Ohrankämmen, O., Vasankari, T., Santtila, M., Fogelholm, M., Kokkonen, E., Suni, J., Pihlajamäki, H., Mäntysaari, M., Häkkinen, A., Häkkinen, K. & Kyröläinen, H. 2008. Reserviläisten fyysinen suorituskky 2008.

Vuori, I. 2005. Liikunta, kunto ja terveys. Teoksessa Vuori, I., Taimela, S. & Kujala, U. (Toim.), *Liikuntalääketiede*. Helsinki: Duodecim, 16–29.

Weineck, J. 1984. Optimaalinen harjoittelu. Suom. L. Oikarinen. Helsinki: Valmennuskirjat Oy.

Whyte, L. J., Gill, J. M. R. & Cathcart, A. J. 2010. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism Clinical and Experimental* 2010; 59: 1421–1428.

Zuhl, M. & Kravitz, L. HIIT vs. Continuous Endurance Training: Battle of the Aerobic Titans. <http://www.drlenkravitz.com/Articles/hiitversusconcardio.html>, 24.10.2014.